Induction und D

Von

Justus von Liebig

Vorstand der k. [illegible]

München

Im Verlage [illegible]

[illegible]

Induction und Deduction.

Von

Justus von Liebig,
Vorstand der k. Akademie der Wissenschaften.

München
Im Verlage der k. Akademie
1865.

Rede

gehalten in der Sitzung der k. Akademie der Wissenschaften

in München am 28. März 1865.

Druck von F. Straub.

Ueber das Wesen der Naturforschung hat man meistens so unvollkommene und irrige Vorstellungen, daß es vielleicht für manche nicht ohne Interesse ist, wenn ich die Ansichten hierüber, die ich in einem früheren Vortrag über Francis Bacon von Verulam ausgesprochen habe, zu erläutern und zu ergänzen suche.

Die Philosophen nehmen im allgemeinen zweierlei Methoden der Erforschung der Naturerscheinungen oder der Naturgesetze an, die Induction und die Deduction; beide seien im Grunde nur verschiedene Wege, und ihr Ziel dasselbe; die Verschiedenheit liege in dem Ausgangspunkt: die deductive Methode gehe vom Allgemeinen, die inductive von dem Besondern aus; bei der Verbindung beider gehe die Induction der Deduction voran.

Das Wesen der Induction nach der Ansicht von Aristoteles dürfte wohl am nächsten durch das von ihm gegebene Beispiel eines Inductionsschlusses versinnlicht werden.

Mensch, Pferd, Maulesel ꝛc. leben lange.
Mensch, Pferd, Maulesel ꝛc. haben wenig Galle.
Also alle Thiere, welche wenig Galle haben, leben lange.

Diese Schlußweise, wenn man sie so nennen will, ist dem Naturforscher geläufig; aber was hier Schluß heißt, ist für ihn nur die Wahrnehmung des Nebeneinanderseins zweier Erscheinungen; die Gallenlosigkeit ist eine Thatsache, welche die Langlebigkeit begleitet; es ist ein Theil eines Ganzen, und der Schluß kein Syllogismus, der den Grund der Abhängigkeit der Langlebigkeit von der Gallenlosigkeit in sich einschließt. Man darf nur in dem Mittelbegriff anstatt „Galle" eine andere gleichzeitige Thatsache, die gewissen Thieren eigenthümlich ist, substituiren, z. B.

Pferde, Maulesel ꝛc. leben lange

Pferde, Maulesel ꝛc. { haben wenig Galle / haben Glycogen im Fleisch / haben keine Harnsäure / haben Hippursäure

um sogleich wahrzunehmen, daß die Verbindung derselben mit der Langlebigkeit rein willkürlich ist, und nicht auf einer Verstandesoperation beruht.

Der Naturforscher sucht zur Erklärung einer Naturerscheinung oder eines Vorgangs zwischen den von ihm wahrgenommenen Theilen derselben eine Verbindung herzustellen, und er geht allerdings zunächst bei zwei Thatsachen, die den Vorgang stätig begleiten, von der Vermuthung aus, daß sie einander bedingen, oder daß eine von der andern abhängig ist, aber dieß ist bloß eine Vorstellung, die keinen Grund, sondern nur eine Wahrnehmung für sich hat, welche

in dem Geist eines jeden entstehen oder auch nicht entstehen kann.

Aristoteles bezeichnet die Induction als den Weg vom Einzelnen zum Allgemeinen, da es sich in der Naturforschung zuerst um die Kenntniß der Erscheinung und hernach um deren Erklärung handle; aber in diesem Sinn ist es klar, daß er die Induction nicht als eine Methode, sondern als eine Regel der Forschung betrachtet hat.

Es ist klar, daß, wenn alle Naturkräfte und ihre Gesetze und alle Dinge, ihre Natur, Verhalten und Eigenthümlichkeiten uns bekannt wären, so würde die Untersuchung eines besondern Vorgangs und dessen Erklärung eine einfache deductive Aufgabe sein; jeder einzelne Fall würde alsdann durch Schlüsse des Verstandes lösbar sein.

Denken wir uns, es solle das Rosten des Eisens in der Luft erklärt werden; die vorangegangene Untersuchung des Rostes hat festgestellt, daß derselbe Eisen, Sauerstoff und Wasser enthält, es ist ferner die Zusammensetzung der Luft bekannt; die Elemente zur Erklärung des Vorgangs des Rostens sind vollständig vorhanden, aber der Versuch zeigt, daß Eisen in Sauerstoff bei Gegenwart von Wasserdampf nicht rostet; es muß demnach außer dem Sauerstoff und Wasserdampf noch ein Bestandtheil der Luft dabei sein, wenn Eisen in Rost übergehen soll; man weiß nun, daß die Luft noch sehr kleine Mengen von Kohlensäure enthält; der Versuch zeigt, daß eine Spur Kohlensäure hinreicht, um eine große Masse Eisen bei hinlänglichem Sauerstoffzutritt in Oxyd überzu-

führen; aber der Rost enthält keine Kohlensäure; die Frage ist: welchen Antheil diese Säure an dem Prozeß nimmt; eine andere bekannte Thatsache reicht jetzt hin, um die Erklärung zu vervollständigen; dieß ist das Verhalten des kohlensauren Eisenoxyduls; in feuchter Luft zieht es Sauerstoff an, und wird zum höhern Oxyd, welches keine Verbindung mit der Kohlensäure eingeht; beim Rosten des Metalls entsteht zuerst das niedere Oxyd, welches die Kohlensäure bindet, diese wird beim Uebergang des Oxiduls in Oxyd frei, und fähig, ihre ursprüngliche Wirkung zum zweiten und hundertstenmal auf das noch vorhandene Metall auszuüben, so daß nach und nach das ganze Stück durch und durch zu Eisenrost wird. Die Untersuchung stellt ferner fest, daß es einen besondern Fall gibt, wo das Eisen in feuchter Luft auch ohne Gegenwart von Kohlensäure rostet, wenn die Luft nämlich ammoniakhaltig ist, daß sich aber dann das Rosten nicht fortsetzt, und zuletzt, daß bei dem Rosten ein elektrischer Prozeß mitthätig ist.

Zu dieser Classe von Untersuchungen gehört u. a. die der Entstehung des Thaues von Dr. Wells. Daß der Thau ein wässeriger Niederschlag ist und durch Abkühlung entsteht, darüber war kein Zweifel; auch darüber nicht, daß es nur zwei Arten von Abkühlung gibt. Die zu lösende Aufgabe bewegte sich um die Frage: ob die Abkühlung durch Leitung oder Strahlung bedingt werde, welche durch Beobachtungen und durch Versuche, abgeleitet von bekannten Gesetzen, gelöst werden konnte. Die Beobachtung ergab, daß es häufig

thaut bei Mondschein, aber eben so häufig, wenn der Mond nicht scheint — daß nicht alle Körper gleich stark bethauen, auch wenn sie nebeneinander liegen — glatte weniger als rauhe — daß es im Sommer häufig thaut, wenn die Sonne aufgeht — im Herbste, wenn sie untergeht — daß es nicht thaut unter Bäumen — nicht unter hervorspringenden Dächern von Häusern — nicht wenn der Himmel bedeckt ist — nur bei heiterem Himmel und stiller Luft.

Aus den bekannten Gesetzen der strahlenden Wärme zieht der Verstand, gestützt auf diese Thatsachen, den Schluß, daß die Abkühlung der Erdoberfläche in Folge ihres Wärmeverlustes durch Strahlung die nächste Ursache der Thaubildung ist und indem er damit das Verhalten des Wasserdampfes in der Luftschicht in Verbindung bringt, welche die erkältete Erdoberfläche bedeckt, erklärt er nicht nur alle Fälle, in welchen sich Thau bildet oder nicht bildet, sondern auch eine Menge Erscheinungen, die von der nämlichen Ursache bedingt sind, die Reifbildung, das Erfrieren der Bäume im Frühling ohne eigentlichen Frost. Die von Wells angestellten Versuche (der z. B. daß ein Thermometer, welcher zur Nachtzeit in dem Brennpunkt eines gegen den heiteren Himmel gerichteten Hohlspiegels steht, unter die Temperatur der umgebenden Luft sinkt) sind einfache Schlußfolgerungen aus der Idee, zu welcher ihn seine Beobachtungen geleitet hatten.

Den Untersuchungen dieser Art stehen keine äußern Schwierigkeiten entgegen, und zu ihrer Ausführung reichen Kenntnisse und die richtige Beurtheilung der Verhältnisse

vollkommen aus; sie kommen selten vor, weil der Naturforscher bei den meisten andern Aufgaben das zu seinem Denkproceß nothwendige Gedankenmaterial nicht vorfindet; auch wird man bemerken, daß durch dieselben zwar unsere Einsicht in das Wesen der Erscheinungen vermehrt und gründlicher gemacht, aber die Gränzen der Wissenschaft nicht erweitert werden.

In der großen Mehrzahl seiner Untersuchungen stößt der Forscher auf Hindernisse, die er mit dem ganzen Vorrath von Kenntnissen, den ihm die Wissenschaft bietet, und mit dem vollkommensten Beurtheilungsvermögen, nicht beseitigen kann, und dieß sind neue Thatsachen oder Erscheinungen, welche unbekannten Gesetzen angehören, die dem Verstand, aus Mangel an den zu seinen Begriffen nothwendigen vermittelnden Thatsachen, nicht zugänglich sind. Für diese Classe von Untersuchungen muß bei dem Naturforscher noch etwas hinzukommen, was wesentlich den Dichter charakterisirt, und dieß ist die Einbildungskraft.

Die Summe dessen, was wir von der Natur und ihren Kräften wissen, ist in der That gegen das gehalten, was wir davon nicht wissen, so klein, daß die Naturforscher unserer Zeit in der Mehrzahl der Fälle sich genau in der Lage der Naturforscher des 16. Jahrhunderts denen gegenüber befinden, die diesen unverständlich waren, und uns jetzt geläufig sind; es fehlt uns in der Regel, wie diesen damals, an den zu dem deductiven Prozeß nothwendigen, begrifflich gewordenen Thatsachen; beim Mangel einer einzigen steht der Verstand

vor einer Lücke, die er nicht ausfüllen kann; in früherer Zeit half die Einbildungskraft aus, was jetzt, in unsern Erklärungen nicht mehr als zulässig betrachtet wird.

Was wir vor den frühern Forschern voraus haben, beruht demnach nicht auf einem gesteigerten Denkvermögen, auch nicht darauf, daß unsere Sinne feiner und schärfer geworden sind, sondern auf einem größern Reichthum von Thatsachen oder Erfahrungen, das ist auf einer Vermehrung des Materials für die Verstandesoperationen.

Ueber diesen unsern Standpunkt wird wohl kein Zweifel zu erheben sein, allein nur wenige haben eine klare Vorstellung von der Quelle, aus welcher der stätig anwachsende Vorrath an diesem Gedankenmaterial entspringt.

Wirft man einen Blick rückwärts auf die Geschichte der sogenannten inductiven Wissenschaften, so erkennt man sogleich, daß sie Jahrhunderte lang den Charakter einer Kunst besaßen. Die Astronomie und die Mechanik waren bis auf Newton, ein Theil der Physik bis auf Galilei, die Chemie bis auf Bergmann eine Kunst. Boerhave definirt die Chemie noch als ars docens exercere certas physicas operationes.

Kunst und Wissenschaft unterscheiden sich wesentlich durch ihre verschiedenen Ziele von einander: das der Kunst ist die Aufsuchung oder Erfindung von Thatsachen, das der Wissenschaft ist die Erklärung derselben. Unter Kunst ist hier selbstverständlich keine der schönen Künste gemeint. Der Künstler sucht einen Zweck zu erreichen, der Experimentirkünstler sucht ein Ding, aus Einzelnen will er ein Ganzes herstellen; der

Mann der Wissenschaft hingegen sucht einen Grund, von dem Ganzen aus geht er dessen Theilen bis zu den Wurzeln noch.

Da der Künstler von einem Grund nichts weiß, und ein Grund ihm keine Hülfe ist, so versteht man, daß der in seinem Geist vorgehende Proceß keine Verstandesoperation ist.

Der wesentliche Charakter seines Denkens liegt darin, daß er in sinnlichen Erscheinungen denkt; ähnlich, wie der Verstand die Begriffe prüft, ihren Inhalt gleichsam ausmißt und bestimmt und unveränderlich macht, so daß sie zu deductiven Operationen brauchbar werden, ganz so verfährt der inductive Künstler; er umtastet die Erscheinungen mit allen seinen Sinnen, und indem er sein, durch den Willen gespanntes, Wahrnehmungsvermögen einer Eigenschaft eines Dings oder einer Eigenthümlichkeit einer Erscheinung nach der andern, mit der jedesmaligen Ausschließung aller andern, zuwendet, erwirbt seine Einbildungskraft ein scharfes und begränztes Bild des ganzen Dings, vergleichbar einem abstracten Begriffe, der die ganze Wesenheit des Dings oder der Erscheinung in sich einschließt; eine blaue, schwarze oder gelbe Färbung, oder die Entstehung eines weißen Niederschlags, der sich in gewissen Säuren oder Alkalien löst oder nicht löst, ruft in dem Geiste des Chemikers die Idee des Eisens, Jods, Kali's, der Bittererde, Schwefelsäure, Salzsäure ꝛc. hervor, eines ideellen Eisens, Jods ꝛc., durchaus verschieden von der Vorstellung, die man im gewöhnlichen Leben mit diesen Dingen verknüpft.

Der Verstand gelangt durch die Combination von richtigen Begriffen zu Schlüssen, deren Wahrheit nur geistig erkennbar ist; die Gedanken-Combinationen des Künstlers hingegen sind gestaltbar, oder fähig, den Sinnen wahrnehmbar gemacht zu werden.

In diesem eigenthümlichen geistigen Proceß, in welchem die Einbildungskraft die Hauptrolle spielt, liegt wesentlich der Begriff, den ich mit dem Wort Induction verbinden möchte, und ich glaube nicht, daß er im Widerspruch mit dem von Aristoteles ist.

Es ist nicht leicht eine klare Vorstellung von der Natur der Geistesoperationen des Experimentirkünstlers zu geben, die, wie gesagt, auf einer Combination von Thatsachen oder Erscheinungen beruhen, welche in einer ähnlichen Beziehung zu einander stehen wie die logischen Begriffe, die den Verstand in seinen Schlüssen leiten; aus den ihm bekannten Thatsachen oder Reaktionen schließt er auf die Existenz einer neuen vorher unbekannten; sein Schluß ist wieder eine Thatsache oder eine Reaction; am nächsten vielleicht läßt sich das chemische oder physikalische Denken mit dem eigenthümlichen Vermögen des Tondichters vergleichen, der in Tönen denkt.

In der exacten Forschung beruht die Logik der Erklärung einer Erscheinung, oder Beweisführung für eine Ansicht, auf Thatsachen, die wie die Ringe einer Kette, oder wie mit Gelenken, zusammenhängen, und wer sich die Mühe nimmt, eine chemische oder physikalische Untersuchung zu lesen, erkennt sogleich, daß die Mehrzahl der, dem Forscher zur

Erklärung oder Beweisführung dienenden, Thatsachen in der Natur nicht vorkommt, sondern daß sie von dem Naturforscher zuerst erdacht oder erfunden sind; er ist genöthigt, die seiner Verstandesoperation oder Deduction fehlenden Thatsachen durch Induction, d. h. durch Combinationen seiner Einbildungskraft, aufzusuchen, und seine Arbeit besteht darin, daß er, nach den Regeln der Experimentirkunst, die zu seinem Zweck geeignet scheinenden Mittel oder Dinge aufeinander wirken läßt, und aus den zum Vorschein kommenden Reactionen oder Erscheinungen Schlüsse zieht auf die Existenz oder Nichtexistenz der gesuchten Thatsache; er stellt, wie man sagt, eine Reihe von Versuchen an, die in ihrem Enderfolg seiner Deduction die Richtung geben.

Die Schwierigkeiten liegen für ihn darin, daß ihm der Weg zu der Thatsache die er sucht, völlig unbekannt ist; denn wäre er ihm bekannt, so würden ihm Verstandesschlüsse dazu verhelfen können. Er ist darum genöthigt, sich lediglich an die Erscheinungen zu halten, die ihm seine Versuche darbieten, weil sie die Merkzeichen sind, die seine Phantasie in ihren Combinationen leiten.

Die merkwürdige Entdeckung des ozonisirten Sauerstoffs auf chemischem Wege durch Schönbein bietet eines der einfachsten Beispiele des inductorischen Processes dar.

Schönbein hatte gefunden, daß beim Durchschlagen elektrischer Funken die atmosphärische Luft neue Eigenschaften empfängt, deren merkwürdigste in einem bis dahin unbekannten mächtigen Verbindungsvermögen ihres Sauerstoffs be-

steht; in einer solchen Luft werden eine Menge von Körper (Silber z. B.) oxydirt, auf welche der Sauerstoff in nicht elektrisirter Luft ohne allen Einfluß ist.

Wie kam nun Schönbein darauf zu schließen, daß der Phosphor, bei seinem langsamen Verbrennen in der Luft, die Luft in den nämlichen Zustand versetzen könne, wie der elektrische Funke? Dieser Schluß beruhte darauf, daß die Luft nach dem Elektrisiren nach Phosphor oder der Phosphor in der Luft genau wie elektrisirte Luft riecht; das Riechende aber in der Luft, dieß hatte Schönbein ermittelt, besaß die Wirkungen. Die Gleichheit einer sinnlichen Eigenschaft — des Geruchs — veranlaßte demnach den Schluß auf die Entstehung und Existenz des gleichen Dings — des Ozons — in zwei ihrer Natur nach völlig verschiedenen Vorgängen. Wäre bei dieser Ideenverbindung dem Verstand die Führung überlassen worden, so würde dieser die Entdeckung höchst wahrscheinlich verhindert haben, denn vor derselben waren die beiden Thatsachen der Entstehung eines Dings mit höchst oxydirenden Eigenschaften, durch oder neben einem Körper, welcher wie der Phosphor im höchsten Grade oxidabel ist, für den Verstand nicht vereinbar miteinander.

Eine der größten Entdeckungen Faraday's gibt ein anderes Beispiel ab für eine zusammengesetztere Induction.

Oerstedt hatte durch einen elektrischen Strom in Metallstäben Magnetismus hervorgebracht; die Aufgabe, welche Faraday sich stellte, war, umgekehrt, durch einen Magneten einen elektrischen Funken oder Strom zu erzeugen; sie war auf

die Hervorbringung einer Erscheinung gerichtet, und konnte, da das Gesetz und der Weg es aufzufinden unbekannt waren, nur auf künstlerischem, das ist inductivem Weg gelöst werden. Das Phänomen, einmal in allen seinen Beziehungen bekannt, konnte dann erst Gegenstand einer deductiven Untersuchung sein, und der Gegensatz der inductiven Arbeit von Faraday und der deductiven von Weber ist hieraus klar. Faraday suchte, wenn man den Ausdruck hier gebrauchen will, das Ding, Weber den Grund oder das Gesetz. Ich habe mathematische Physiker beklagen hören, daß Faraday's Abhandlungen über solche Gegenstände im Styl beinahe unverständlich und kaum lesbar seien, und daß ihr Inhalt mehr dem Auszug aus einem Tagebuch gleiche; aber der Fehler lag in ihnen. Auf Physiker, welche auf dem Wege der Chemie zur Physik gekommen sind, machen Faraday's Abhandlungen ganz den Eindruck einer bewundernswürdigen schönen Musik.

Die Erfindung der Elektrisirmaschine, des Elektrophors, der Leydener Flasche, der Volta'schen Säule, die drei Kepler'schen Gesetze sind durch Combinationen der Einbildungskraft erworben worden; ebenso verhält es sich mit den Verfahrungsweisen zur Gewinnung der Metalle, welche, wie die des Eisens aus den Eisensteinen, des Silbers aus den Bleierzen, des Kupfers aus den Kupfererzen ꝛc., zu den verwickeltsten Processen gehören. Die Ueberführung des Eisens in Stahl, des Kupfers in Messing, die Verwandlung der Haut in Leder, des Fettes in Seife, die des Kochsalzes in Soda und tausend ähnliche wichtige Erfindungen, sind von Menschen

gemacht worden, welche keine oder eine ganz falsche Vorstellung von der eigentlichen Natur der Dinge oder den Vorgängen hatten, an die sich ihre Ideencombination knüpfte.

Der Verstand hat nicht das geringste mit den Ideenverbindungen zu thun, welche den Verfertiger von Handschuhleder auf die Thürme der Städte geführt haben, um die weißen Excremente der Dohlen und Krähen für seine Zwecke zu sammeln, oder die den Färber leiteten, den Kuhkoth zur Befestigung seiner Beizen und Farben auf den Zeugen zu benutzen, oder welche den Hüttenmann auf den an Brennmaterial armen Hochebenen Amerika's zu dem bewunderungswürdigen Verfahren der Gewinnung des Silbers auf einer Art von nassem Weg geführt haben.

Man wird alles dieß merkwürdig genug finden, wenn ich erwähne, daß man vor wenigen Jahren noch nicht wußte, was Glas, Seife oder Leder eigentlich ist, sowie denn noch täglich Arbeiten gemacht werden, um Aufschluß über die Vorgänge im Schmelzofen beim Sodaproceß zu erlangen.

Als letztes Beispiel, um das inductorische Verfahren in technischen Processen anschaulich zu machen, wähle ich die in der neuern Zeit entstandene Kunst der Erzeugung von Lichtbildern, deren Processe ihre Erklärung noch nicht gefunden haben.

Die der Photographie zu Grund liegenden Thatsachen sind zwei: die eine, daß Silbersalze (Chlor, Brom, Jodsilber) vom Lichte geschwärzt werden; die andere, daß die ungeschwärzten Silberverbindungen in unterschwefligsaurem

Natron löslich sind, so daß beide, die geschwärzten und nicht geschwärzten, durch dieses Salz von einander geschieden werden können.

Diese beiden Thatsachen bildeten den Ausgangspunkt der Versuche Daguerre's in Paris und Talbot's in London; der erstere suchte Bilder auf versilberte Kupferplatten, der andere auf Papier hervorzubringen. Wenn auf Papier, welches mit Chlor- oder Jodsilber überzogen oder durchdrungen ist, in der Camera obscura ein Bild, z. B. das eines Thurms oder Hauses, geworfen wird, so entstand in Talbots Versuchen nach stundenlanger Einwirkung des Lichts ein Bild; die stark beleuchteten Stellen wurden, je nach der Stärke des einwirkenden Lichts, in entsprechenden Schattirungen geschwärzt, die Schatten blieben weiß oder heller; die Fensterrahmen z. B. eines Hauses werfen weniger Licht auf das Papier als das Glas der Fensterscheiben, ein dunkler Stein weniger als die hellen Steine; was auf dem Gegenstand dunkel war, erschien hell, das Helle dunkel; es entstand auf dem Papier ein sogenanntes negatives Bild. Wurde das Papier jetzt mit einer Lösung von unterschwefligsaurem Natron gewaschen, so nahm dieses das durch das Licht unveränderte Chlorsilber hinweg; wäre es auf dem Papier geblieben, so würde das Bild im Tageslicht nach und nach ganz schwarz geworden, es würde wieder verschwunden sein; das genannte Salz war darum das Mittel, um es fest zu machen, oder zu fixiren. Die ersten von Talbot dargestellten Bilder waren sehr unvollkommen; da ihre Hervorbringung eine lange Dauer der

Einwirkung des Lichts voraussetzte, so konnten nur Bilder von ganz unbeweglichen Gegenständen erhalten werden.

Die Versuche Daguerre's gaben die Veranlassung zur Vervollkommnung des Talbot'schen Verfahrens, aber in der sonderbarsten Weise. Daguerre setzte seine versilberten Platten der Einwirkung von Joddämpfen aus, und versah sie in dieser Weise mit einem äußerst dünnen Ueberzug von Jodsilber, aber in der Camera obscura entstand darauf kein Bild; monatelange Proben, in der mannichfaltigsten Weise abgeändert, gaben keinen Erfolg. Der Zufall im eigentlichsten Sinn kam ihm zu Hilfe: Daguerre hatte eine Anzahl seiner Platten, die zu seinen Versuchen in der Camera obscura gedient hatten, in einen alten Schrank beiseite gestellt, in welchem sie wochenlang ohne weitere Beachtung standen. Als er eines Tags eine der Platten herausnahm, sah er darauf zu seinem größten Erstaunen ein Bild von der größten Deutlichkeit in den geringsten Einzelheiten; er hatte keine Vorstellung davon, wie es entstanden war, aber in dem Schranke mußte etwas sein, was es auf der Platte zum Vorschein gebracht hatte; es standen darin allerlei Dinge: Geräthe, Apparate, chemisch Reagentien und unter andern eine Wanne mit metallischem Quecksilber; Daguerre nahm nun einen Gegenstand nach dem andern aus dem Schranke bis auf das Quecksilber, und es zeigte sich, daß er immer Bilder darin bekam, wenn er eine seiner Platten, auf die er in der Camera ein Bild geworfen hatte, ein paar Stunden lang in dem Schranke verweilen ließ; an das Quecksilber dachte er lange nicht; der alte

Schrank erschien ihm wie ein verzauberter Schrank; zuletzt kam er dann darauf, daß das Bild von dem Queckſilber herrühren müſſe; es zeigte ſich, daß es ein ſogenanntes Hauchbild war. Wenn man auf eine ſehr reine Glasfläche mit einem hölzernen Stift eine Zeichnung macht, ſo iſt auch das ſchärfſte Auge nicht im Stande, die Linien zu ſehen, welche aber deutlich zum Vorſchein kommen, wenn die gezeichneten Stellen angehaucht werden; es findet auf den mit dem Stifte berührten und den andern Stellen des Glaſes eine ungleiche Verdichtung des Waſſerdampfes ſtatt, der ſich in feinen Tröpfchen darauf niederſchlägt.

In dieſer Weiſe waren Daguerre's Bilder entſtanden. Das Queckſilber iſt flüchtig, und der Dampf desſelben hatte ſich im Schranke verbreitet und in Tröpfchen auf den Platten niedergeſchlagen, auf den ſtark beleuchteten Stellen mehr als auf den ſchwach beleuchteten, ſo zwar, daß die Umriſſe und Schattirungen aller Gegenſtände deutlich ſichtbar wurden. Ich gehe hier nicht weiter auf die Verbeſſerung des optiſchen Apparats, noch darauf ein, wie man dahin gelangte, die verwiſchbaren Daguerre'ſchen Bilder durch Vergoldung auf chemiſchem Weg dauernd und unveränderlich zu machen, ſondern ich kehre zu den Bildern auf Papier zurück, und will zunächſt den Einfluß beſprechen, welchen die Daguerre'ſchen Entdeckungen auf die Verbeſſerung von Talbots Verfahren hatten.

Daguerre hatte gefunden, daß eine ſecundenlange Einwirkung des Lichts auf ſeine präparirten Platten genügte, um durch Anhauchung mit Queckſilberdämpfen ein Bild dar-

auf hervorzubringen. Da Talbot auf seinem Papier dieselben Stoffe hatte wie Daguerre auf seinen Platten, so schloß er, daß auch auf dem Papier bei dessen secundenlanger Beleuchtung in der Camera das Licht einen Eindruck hervorgebracht haben müsse; Talbot war überzeugt, daß ein Bild auf dem Papier vorhanden sei, obwohl nicht das geringste darauf zu sehen war. Diese Ueberzeugung trieb ihn jetzt an, nach einem Mittel zu suchen, um es hervorzurufen; es mußte irgend etwas geben, was es zum Vorschein brachte.

Wie kam nun Talbot darauf, eine Lösung von Gallussäure für diesen Zweck anzuwenden?

Die Lösung dieser Frage dürften die meisten einem Zufall zuschreiben, wie bei Daguerre's Bildern, aber die Wahl der Gallussäure war kein Zufall. Daguerre hatte die Wanne mit seinem Quecksilber nicht seiner Versuche wegen in den Schrank gestellt, seine Bilder waren ohne sein Zuthun entstanden, Talbot hingegen suchte ein Mittel für einen bestimmten Zweck auf, und unter den vielen Tausenden von Stoffen schied seine Phantasie naturgemäß alle diejenigen aus, die damit in keiner Beziehung standen, und verweilte bei denjenigen, welche eine dem Licht ähnliche Wirkung hervorbrachten; Licht und warme Gallussäure schwärzen die Silbersalze; die Wirkung beider ist identisch, die der Gallussäure aber weit stärker. Auf dem präparirten Papier hatte in der Camera das Sonnenlicht eine Wirkung hervorgebracht, aber zu schwach, um wahrnehmbar zu sein; vielleicht, so schloß er, könnte sie durch Gallussäure fortgesetzt und verstärkt

werden. Der Versuch gelang und die Richtigkeit der Induction war damit bewiesen.

Das Wesen der Induction dürfte aus diesen Beispielen jedem verständlich sein; man wird bemerken, daß die Bekanntschaft mit dem Grunde der Vorgänge, wie das Licht und die Gallussäure auf Silbersalze eigentlich wirken, worauf die Lösung der Silbersalze in unterschwefligsaurem Natron beruhte, für Talbot's sowohl als für Daguerre's Ziel vollkommen gleichgültig war.

Für Personen, welche mit den Ideencombinationen der Einbildungskraft nicht bekannt sind, existiren sie natürlich nicht, und sie sind meistens geneigt, Erfindungen, welche aus den scharfsinnigsten Schlüssen derselben hervorgehen, dem Zufalle zuzuschreiben, der seinen guten Theil daran hat, wie denn dem Verstande ebenso häufig, die Elemente zu seinen Schlüssen, durch sogenannte zufällige Verhältnisse geliefert werden; aber der Umstand, daß das Experimentiren erlernt werden muß, seine Regeln hat und eine Kunst ist, und daß deren Erfolge eine sehr weit gehende Bekanntschaft mit Thatsachen oder sinnlichen Erscheinungen voraussetzen, gibt zu erkennen, daß sie auf einer eigenthümlichen geistigen Arbeit beruht, an welcher der Verstand als Zuschauer, häufig als guter Rathgeber und Helfer theilnimmt, aber ohne sie zu leiten, oder ohne daß sie abhängig von ihm ist.

In der Wissenschaft sowohl als im gewöhnlichen Leben vollziehen sich die Geistesoperationen nicht nach den Regeln der Logik, sondern die Vorstellung von einer Wahrheit, die

Ansicht von einem Vorgang oder der Ursache einer Erscheinung, geht in der Regel der Beweisführung voraus; man kommt nicht zu dem Schlußsatz durch die Vordersätze, sondern der Schlußsatz geht vorher, und die Prämissen werden dann erst als Beweise aufgesucht.

In einer Unterhaltung über den Antheil, den die Einbildungskraft an den wissenschaftlichen Arbeiten hat, mit einem der berühmtesten französischen Mathematiker, äußerte er die Ansicht, daß bei weitem die Mehrzahl der mathematischen Wahrheiten nicht durch Deduction, sondern durch die Einbildungskraft oder auf empirischem Weg erworben worden sei, und er rechnete hierzu selbst die Eigenschaften der Dreiecke, der Ellipse ꝛc., was nichts anderes sagen will, als daß der Mathematiker so wenig als der Naturforscher ohne künstlerische Begabung für seine Wissenschaft etwas leisten kann.

Zur deductiven sowohl als zur inductiven Forschung gehört selbstverständlich, wenn sie Erfolg haben sollen, ein gewisser Umfang von Kenntnissen: bei dem deductiven Forscher die gründliche Kenntniß der bereits ermittelten Gesetze, zu der ihm Vorlesungen und Bücher verhelfen; bei dem inductiven Forscher die weit reichende Bekanntschaft mit sinnlichen Erscheinungen, die er in chemischen, physikalischen und physiologischen Laboratorien erwirbt; als Schulen sind die letzteren bekanntlich eine moderne Schöpfung, und ihr mächtiger Einfluß auf die Entwicklung aller mit den Naturwissenschaften in Verbindung stehenden Fächer ist für den aufmerksamen Beobachter bemerklich genug.

Zu der Bekanntschaft mit sinnlichen Erscheinungen, oder den Kenntnissen von der Natur und dem Verhalten der Dinge, muß sich bei dem inductiven Forscher ein Gedächtniß für die sinnlichen Erscheinungen, ein Augen-, Geschmack- und Geruchsgedächtniß und eine gewisse Kunstfertigkeit oder Geschicklichkeit verbinden, wenn er seine Aufgabe lösen soll; je ausgedehnter und umfassender seine Bekanntschaft mit den Thatsachen und Erscheinungen ist, oder je größer, wie man in diesem Fall sagt, seine Erfahrung ist, desto mehr wird ihm seine Arbeit erleichtert; ein erfahrener Mann macht viel weniger Versuche als ein unerfahrener, der sich mit vielen Erscheinungen erst bekannt machen muß, die dem andern bereits geläufig sind, und für die Erreichung vieler Zwecke sind dem ersteren häufig Versuche überflüssig, da die Combination der ihm bekannten Vorgänge oder Thatsachen dazu ausreicht.

In der Lösung ihrer Aufgaben beginnt der deductive und inductive Forscher auf gleiche Weise; der eine wie der andere geht von einer zusammengesetzten Idee des Verstandes oder der Einbildungskraft aus, von der in der Regel nur ein Theil wahr ist, während die andern Theile auf irrigen Schlüssen oder Combinationen beruhen. Der deductive Forscher probirt und experimentirt, um die Wahrheit zu finden, mit Verstandesbegriffen genau so wie der inductive mit sinnlichen, um das gesuchte Ding zu finden; beide streifen während der Arbeit, durch Prüfung und Verbesserung, das Irrige ab, und finden die Theile, die ihnen zur Ergänzung der Idee, welche sie in die Untersuchung mitbrachten, fehlten. Oft ist

die Idee, von der sie ausgingen, ganz falsch, und es wird die richtige erst in der Untersuchung erweckt. Daher denn die Meinung mancher der größten Forscher, daß die Arbeit alles mache, und daß jede Theorie zu Entdeckungen führe, vorausgesetzt, daß sie zur Arbeit antreibt.

In der deductiven Forschung ist es die Ueberzeugung von der Richtigkeit einer (Schluß-)Idee, welche den Verstand des Forschers zu der ihm eigenen Thätigkeit anregt, und so ist denn bei dem Experimentirkünstler, die Ueberzeugung von der Existenz eines Dings, das erste und wirksamste Erforderniß, um seine Einbildungskraft in Bewegung zu setzen; die Auffindung einer neuen Thatsache oder Reaction, an welche sich die Idee eines bis dahin unbekannten, für die Industrie oder das Leben nützlichen oder wichtigen Dings knüpfen läßt, reicht hin, um die Ueberzeugung von dessen Existenz in vielen Individuen zu erwecken, und es kommt häufig genug vor, daß es wirklich gleichzeitig von mehreren aufgefunden wird.

Verstand und Phantasie sind für unser Wissen gleich nothwendig und in der Wissenschaft gleich berechtigt, sie haben beide einen bestimmten Antheil an allen Problemen der Physik und Chemie, der Medicin, Nationalökonomie, Geschichte und Sprachwissenschaft, und nehmen jede einen gewissen Raum in ihrem Gebiet ein; der Theil desselben, den die Einbildungskraft beherrscht, ist in eben dem Verhältniß weiter und umfangreicher, je unbestimmter und undeutlicher das positive Wissen ist, mit welchem der Verstand

es ungränzt; der Fortschritt besteht darin, daß mit der Zunahme an Kenntnissen die Vorstellungen schwinden, die aus der Einbildungskraft entsprungen sind, und während in den ersten Perioden der Wissenschaft die Phantasie die volle Herrschaft hat, unterordnet sie sich später dem Verstand und wird dessen hülfreiche und willige Dienerin.

Die Induction unter der Leitung der Phantasie ist intuitiv und schöpferisch, aber unbestimmt und maßlos; die Deduction unter der Leitung des Verstandes analysirt und begränzt, und ist bestimmt und maßvoll.

Einer der wesentlichsten Charaktere der deductiven Forschung in der Naturwissenschaft ist das Maß, und das Endziel aller ihrer Arbeiten ist auf einen unveränderlichen Zahlenausdruck für die Eigenschaften der Dinge, für die Vorgänge und Erscheinungen gerichtet. Die Phantasie vergleicht und unterscheidet, aber sie mißt nicht, denn zum Messen gehört ein Maßstab, der ein Product des Verstandes ist.

Beim Eingreifen der Wissenschaft in eine Kunst erwächst der kaum hoch genug anzuschlagende Nutzen, daß sie die Kunst als solche, und was individuell in ihr ist, zerstört; die Wissenschaft löst die Kunst in lehrbare und erlernbare Regeln auf, durch deren Kenntniß auch der Unbegabte in den Gewerben, der Industrie, Landwirthschaft und Technik das Vermögen des begabtesten, geschicktesten und erfahrensten Praktikers empfängt, der seine Ziele auf dem kürzesten, sichersten und ökonomischsten Weg erreicht. Was früher einem Individuum eigen war, wird von da an das Gemeingut aller.